

1 / PART

09/509808  
422 Rec'd PCT/PTO 31 MAR 2000

1

## **Bauteil aus Holz sowie Verfahren zur Herstellung und Verwendung des Bauteils**

### **Beschreibung**

Die Erfindung betrifft ein Bauteil aus Holz, bei dem das Holz in geometrisch definierten Bereichen veränderte Eigenschaften aufweist. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zur Herstellung derartiger Holzbauteile sowie die Anwendung des Verfahrens. Die Erfindung ist einsetzbar in der Holz be- und verarbeitenden Industrie, im Bauwesen und im Handwerk.

In der Holzverarbeitung werden Laser neben Vermessungsaufgaben für Schneid- und Perforierungsprozesse eingesetzt. Eine neue Anwendung ist das Abtragen mit Hilfe von Laserstrahlung. Von Seltman, J.: Freilegen der Holzstruktur durch UV-Bestrahlung, Holz als Roh- und Werkstoff, Springer-Verlag, 53(1995), S. 225-228 und von Panzner, M. et al.: Experimental Investigation of the Laser Ablation Prozess on Wood Surfaces, Fourth International Conference on Laser Ablation COLA, Monterey, California, 1997 werden unterschiedliche Möglichkeiten und Verfahren zum Abtragen der durch mechanische Bearbeitung zerstörten Holzschicht mit Hilfe elektromagnetischer Strahlung verschiedener Wellenlängen beschrieben.

Aus der DE 94 02 681.5 U1 ist eine Vorrichtung zur Bearbeitung von Glas, Kunststoff, Halbleitern, Holz oder Keramik bekannt, die mittels Laserstrahlung mit einer Laserstrahlungsquelle, die Laserstrahlung in Form eines Laserstrahles emittiert, und mit einer Fokussierungsoptik die Laserstrahlung auf ein aus Glas, Kunststoff, Halbleiter, Holz oder Keramik bestehendes Werkstückteil fokussiert. Das Kennzeichen dieser Vorrichtung ist, daß die Laserstrahlung eine Wellenlänge von etwa 1,4  $\mu\text{m}$  bis 3,0  $\mu\text{m}$  aufweist.

Mit der Vorrichtung wird ein effektiver Abtragungsmechanismus angestrebt, der im Wellenlängenbereich von ungefähr 1,4  $\mu\text{m}$  bis 3,0  $\mu\text{m}$  den zu bearbeitenden Stoff sehr stark aufheizen soll, so daß es zu sogenannten Mikroexplosionen kommt. Das erhitzte Material wird abgetragen. Dies dient dem Beschriften von Werkstückteilen oder der Erzeugung mechanischer Spannungen in Glasrohren zum anschließenden Brechen in einer Aufschmelzzone.

In der DE 40 33 255 A1 wird ein Verfahren beschrieben, das der optischen Aufwertung von Holzfurnieren durch Hervorheben der Maserung dient. Dies geschieht durch pyrolytische

Bräunung der Holzoberfläche mit Hilfe von IR-Strahlung. Die beim Laser-Schneiden auftretenden Veränderungen an Holz und Holzwerkstoffen untersuchte unter anderen auch Parameswaran, N.: Feinstrukturelle Veränderungen an durch Laserstrahl getrennten Schnittflächen von Holz und Holzwerkstoffen, Holz als Roh- und Werkstoff, Berlin 40(1982)11, S. 421-428, der folgende interessante Feststellungen machte: Die braun bis schwarz gefärbten Schnittflächen entstehen durch den hauptsächlich thermischen Trennvorgang und sind charakteristisch für eine Pyrolyse in den Zellbereichen der Trennung. Es wird eine weitgehend zusammengeschmolzene Oberfläche erzeugt, wodurch die einzelnen Zelllumina im Durchmesser stark reduziert werden. Die hohen Temperaturen in der Schnittfuge (etwa 700°C, Arai et al. 1979) führen zu einer allmählichen Umwandlung der Wandkomponenten in eine glasige Masse. Back, E.L.: Cellulose bei hohen Temperaturen: Selbstvernetzung..., Das Papier, 27(1973), S. 475-483 bestimmte für Cellulose theoretisch aus der Glasatemperatur die Schmelztemperatur mit ca. 450 °C. Außerdem stellte er fest, das ein Schmelzen ohne pyrolytische Nebenerscheinungen nur möglich sein wird, wenn Erwärmung und Abkühlung in einer genügend kurzen Zeitspanne stattfinden.

Die bisher beschriebenen Schmelzvorgänge bei der Bearbeitung von Holz werden als störende Begleiterscheinungen angesehen. Bis jetzt wurden noch keine Veränderungen spezifischer Eigenschaften von Holz erzeugt.

Neben den typischen pyrolytischen Abbauprozessen bei der Bearbeitung von Holz mit Laserstrahlung ist auch das Schmelzen als ein sekundärer Umwandlungsvorgang bekannt. Geschmolzene Bereiche werden aber in der Regel als negativ für die Qualität der bearbeiteten Holzoberfläche bewertet. Außerdem werden in der Schmelze die bei der Bearbeitung entstehenden pyrolytischen Abbauprodukte festgehalten und erstarrt. Bekannte Verfahren, wie zum Beispiel das Lasertrennen beschränken sich darauf, bei der Bearbeitung Holzsubstanz durch thermische oder fotochemische Ankopplung des Lasers zu verdampfen. Die Veränderung der Holzstruktur in den an die Bearbeitungszone angrenzenden Bereichen erfolgt dabei willkürlich. Abbauvorgänge sind nicht steuerbar, kaum vermeidbar und führen im Allgemeinen zu einer Abwertung der Qualität des so bearbeiteten Holzes. Verschiedene Verfahren, wie zum Beispiel die Plasma-Bearbeitung (DE 41 35 697 A1) erfordern eine aufwendige Vorbehandlung des Holzes und komplizierte Bearbeitungsvorrichtungen, die eine großtechnische Einführung verhindern.

Die Aufgabe der Erfindung besteht nun darin, ein Bauteil aus Holz sowie ein Verfahren zur Herstellung und die Verwendung des Bauteils anzugeben, bei dem in geometrisch definierten Bereichen die Eigenschaften des Holzes so verändert vorliegen, daß sich daraus chemisch und physikalisch systematisch veränderte Eigenschaften der Holzoberfläche ergeben. Damit sollen sonst notwendige Behandlungen der Holzoberfläche entfallen und sich eine Reihe neuer Anwendungsmöglichkeiten und Einsatzgebiete für Holz ergeben.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Bauteil aus Holz mit den im Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst. Vielgestaltige Bauteilvarianten ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen. Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Verfahren mit den im Anspruch 11 genannten Merkmalen gelöst. Varianten des Verfahrens ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen. Verwendungen des Bauteils des Bauteils ergeben sich aus den Ansprüchen 22 bis 28.

Das Bauteil aus Holz weist in geometrisch definierten Bereichen veränderte Eigenschaften auf. Erfindungsgemäß besitzen die geometrisch definierten Bereiche ausschließlich die Eigenschaften von erstarrten Holzschmelzen. Im Zusammenhang mit den abhängigen Ansprüchen 2 bis 10 ergibt sich, daß die Bereiche einzelne oder mehrere Holzzellen sind oder eine oder mehrere Zellwände. Aus der Verschmelzung ergeben sich Eigenschaftsänderungen physikalischer und chemischer Natur als auch eine gezielte Veränderung des Verformungsverhaltens.

Entsprechend den Ansprüchen 22 bis 28 läßt sich die Schmelze für die Herstellung von Zusammenfügungen von Holzteilen und/oder Holzpartikel verwenden bzw. lassen sich Einlagerungen in die Schmelze vornehmen.

Die Hauptbestandteile des Holzes Cellulose, Lignin und Hemicellulosen haben ähnlich anderen Polymeren keinen Schmelzpunkt, sondern es tritt ein breiter Übergangsintervall in der Phasenumwandlung auf. Im Unterschied zu Kunststoffen besitzt Holz aber keine homogene Struktur und somit auch keine konkrete Erweichungstemperatur, sondern einen Erweichungstemperaturbereich. Thermische Zersetzungsvorgänge beginnen im Holz schon bei Temperaturen unter 100 °C. Entscheidender Faktor für das Einsetzen und Fortschreiten der Pyrolyse ist jedoch die Zeitdauer der Wärmeeinwirkung, da die Pyrolyse einen kontinuierlichen Prozeß aufeinander folgender Abbauvorgänge darstellt. Das Erweichen beginnt bei Temperaturen um 100°C, wobei der Polymerisationsgrad der Ketten rasch abfällt und eine Plastifizierung des Werkstoffs einsetzt. Geschmolzenes Holz ist gekennzeichnet durch einen geringen Polymeri-

sationsgrad, Erhöhung des Anteils an amorpher Masse, den Verlust der Fibrillenstruktur der Zellulose und der typischen Zellstruktur, Homogenisierung und Erhöhung der Schmelztemperatur bei wiederholter Erwärmung.

Dementsprechend ist das Verfahren gemäß Anspruch 11 zur Herstellung von Bauteilen aus Holz so ausgestaltet, daß die geometrisch definierten Bereiche durch berührungslosen, kurzzeitigen, vorzugsweise innerhalb kleiner/gleich 50 ms und hohen Energieeintrag aufgeschmolzen werden, so daß der Polymerisationsgrad der Ketten rasch abfällt und eine Plastifizierung des Werkstoffs einsetzt, und die Schmelze innerhalb dieses Zeitraumes erstarrt.

Als elektromagnetische Strahlung wird vorteilhaft Laserlicht verwendet. Die Ausdehnung des Wechselwirkungsbereiches, die Wechselwirkungszeit und die Intensität werden durch eine Kombination von Relativbewegung zwischen Strahl und Werkstück sowie mit Methoden der dynamischen Strahlformung realisiert. Die Bearbeitung findet in einer durch Zusammensetzung, Druck und Temperatur definierten Gasatmosphäre statt. Die Erwärmung kann sowohl unter Inertgas, als auch in freier Atmosphäre durchgeführt werden. Das erfindungsgemäße Verfahren kann mit anderen Verfahren der Holzbearbeitung, z.B. mit mechanischen Verfahren kombiniert werden. Das Schmelzen kann in einem definierten zeitlichen Regime kurz vor, während oder kurz nach der Bearbeitung mit einem anderen Verfahren angewandt werden.

Aus der Erfindung ergeben sich die nachfolgend aufgeführten Vorteile. Schmelzen ermöglicht die Veränderung der Gefügestruktur des Holzes. Das Verschließen der Holzzellen führt direkt zu einer Verringerung der spezifischen Oberfläche und es wird die kapillare Aufnahme von Feuchtigkeit eingeschränkt bzw. unterbunden. Holz oder Holzpartikel lassen sich durch Schweißen untereinander verbinden ohne, oder ausschließlich unter Verwendung holzeigener (z.B. Lignin) Zusatzstoffe. Holz kann durch Schmelzen mit anderen Werkstoffen, insbesondere transparenten Polymeren oder Faserstoffen, verschweißt werden. Das Schmelzen ist räumlich lokal begrenzt oder flächendeckend möglich, wodurch der Anteil an geschmolzenem Volumen eine geometrisch definierte Größe auf oder unterhalb der Oberfläche besitzt und somit auch der Grad der Änderung physikalischer und/oder chemischer Eigenschaften definiert ist. Mit der Schmelze werden gezielt physikalische und/oder chemische Veränderungen im Holz erzeugt. Zu diesem Zweck können zusätzlich Fremdsubstanzen in das Holz eingeschmolzen werden. Diese Fremdsubstanzen können Partikel und/oder Pigmente sein. Sie werden vor dem Schmelzprozess zum Beispiel mittels Tränken, Tauchen, Beschichten oder während des

Schmelzvorganges zum Beispiel mittels Gas- oder Pulverstrahl in oder auf das Holz gebracht. Die Diffusionseigenschaften des Holzes gegenüber umgebenden Medien werden verändert. In geschmolzenen Bereichen sind die Diffusionseigenschaften in den Hauptschnitttrichtungen des Holzes einander weitestgehend gleich. Durch das Schmelzen wird eine Hydrophobierung der Holzoberfläche erreicht. Geschmolzenes Holz weist durch die gezielte Veränderung physikalischer und/oder chemischer Eigenschaften eine erhöhte Resistenz gegenüber Holzschädlingen auf. Härte und Abriebfestigkeit der Holzoberfläche lassen sich einstellen. Die optischen Eigenschaften (Absorption, Reflexion und Streuung) der Holzoberfläche werden gezielt verändert. Geschmolzenes Holz unterscheidet sich im Glanz deutlich von nicht geschmolzenem Holz. Die Erweichung der Holzsubstanz im Bereich der Glastemperatur bietet neue Möglichkeiten für die Verformung von Holz.

Nachfolgend wird die Erfindung an Hand von Ausführungsbeispielen noch näher erläutert.

An einem Holzbalken mit dem Querschnitt von 8 x 10 cm wurde der Balkenkopf zum Schutz vor kapillarer Wasseraufnahme im Bereich des Hirnholzschnittes eine geschlossene Oberfläche aus geschmolzenem Holz mit einer Dicke von maximal 0,5 mm erzeugt. Zur Erzeugung dieses geschmolzenen Bereiches wurde der Laserstrahl eines kontinuierlichen CO<sub>2</sub>-Lasers mit einer Leistung von 2500 W und einem Wirkfleckdurchmesser von 6 mm mittels Doppel-Spiegel-Scanner mäanderförmig, bei einer Spurüberlappung von 10 Prozent und einer Geschwindigkeit von 6 m/s über die zu bearbeitende Hirnholzfläche des Balkenkopfes bewegt.

Um eine homogene und geschlossene Schmelzzone von größer 0,4 mm Dicke zu erzeugen, muß die Zellstruktur in dem geometrisch definierten Bereich aufgehoben werden. Daher wurden Wellenlänge und Einwirkzeit des Laserstrahls so gewählt, daß die festen Holzbestandteile bis in eine Tiefe von etwa 0,8 mm geschmolzen werden.

Die Verminderung der kapillaren Wasseraufnahme wurde durch Benetzung mit einer definierten Menge Wasser und Messung der Zeit bis zum vollständigen Eindringen des Wassers in die Oberfläche bestimmt. Die Untersuchung der geschmolzenen Holzoberfläche ergab eine Verlängerung der mittleren Eindringzeit um den Faktor 7,1.

Zwei Furniere 3 aus Fichtenholz wurden durch Aufschmelzen des im Holz enthaltenen Lignins untereinander verschweißt.

Dafür wurden die Furniere 3 zuvor durch Bügeln geglättet und in einer geeigneten Vorrichtung so fixiert, daß sie ohne Abstand über der gesamten Nahtlänge dicht zusammen liegen.

Zur Erzeugung einer Schweißnaht 5 wurde der Laserstrahl 2 eines kontinuierlichen CO<sub>2</sub>-Lasers mit einer Leistung von 2500 W, einem Wirkfleckdurchmesser von 13 mm und einer Geschwindigkeit von 12 m/s geradlinig über die vorbereitete Nahtfläche bewegt.

Um eine homogene und geschlossene Schweißnaht 5 mit einer Dicke von mindestens 0,5 mm zu erzeugen, muß die Zellstruktur in einem geometrisch definierten Bereich aufgehoben werden. Daher wurden Wellenlänge und Einwirkzeit des Laserstrahls 2 so gewählt, daß die festen Holzbestandteile bis in eine Tiefe von etwa 2 mm aufgeschmolzen werden.

Nach der Bearbeitung sind die beiden Furniere 3 durch die Schweißnaht 5 untereinander verbunden. Nach dem Trennen der beiden Furniere ist im Mikroskop deutlich und über die gesamte Nahtlänge eine Bruchkante zu erkennen. Unterhalb der Bruchkante ist eine homogene Schmelzschicht zu erkennen. Die Zellstruktur ist bis in eine Tiefe von 0,4 mm aufgehoben.

**Bezugszeichenliste**

- 1 - Strahlführung
- 2 - Laserstrahl
- 3 - Furnier
- 4 - Bearbeitungsrichtung
- 5 - Schweißnaht
- 6 - Schmelze

## Patentansprüche

1. Bauteil aus Holz, bei dem das Holz in geometrisch definierten Bereichen veränderte Eigenschaften aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß diese geometrisch definierten Bereiche ausschließlich die Eigenschaften von erstarrten Holzschmelzen aufweisen.
2. Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrisch definierten Bereiche einzelne oder mehrere verschmolzene Holzzellen sind, so daß kapillare Aufnahme von Feuchtigkeit in den geometrisch definierten Bereichen eingeschränkt bzw. unterbunden ist.
3. Bauteil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrisch definierten Bereiche eine oder mehrere, in einer oder mehreren Schnittrichtungen aufgeschmolzene Zellwände sind, so daß sich der Diffusionswiderstand in den geometrisch definierten Bereichen gegenüber umgebenden Medien unabhängig von der Schnittrichtung erhöht.
4. Bauteil nach mindestens einem der vorher genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich die geometrisch definierten Bereiche in ihren optischen Eigenschaften Absorption, Reflexion, Streuung und damit im Glanz deutlich von nicht geschmolzenem Holz unterscheiden.
5. Bauteil nach mindestens einem der vorher genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Härte und Abriebfestigkeit in den geometrisch definierten Bereichen deutlich höher sind.
6. Bauteil nach mindestens einem der vorher genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verformungsverhalten in den geometrisch definierten Bereichen gegenüber dem Ausgangszustand deutlich verändert ist.
7. Bauteil nach mindestens einem der vorher genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Volumen in einem geometrisch definierten Bereich des Bauteils unterhalb der Oberfläche befindet.
8. Bauteil nach mindestens einem der vorher genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die physikalischen und/oder chemischen Eigenschaften durch in die Schmelze eingelagerte Substanzen zusätzlich und gezielt verändert sind.



9. Bauteil nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die physikalischen und/oder chemischen Eigenschaften gezielt verändert sind.
10. Bauteil nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die eingelagerten Substanzen Partikel und/oder Pigmente sind.
11. Verfahren zum Herstellen eines Bauteils aus Holz nach mindestens einem der vorher genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die geometrisch definierten Bereiche durch berührungslosen, kurzzeitigen, vorzugsweise innerhalb kleiner/gleich 50 ms und hohen Energieeintrag aufgeschmolzen werden, so daß der Polymerisationsgrad der Ketten rasch abfällt und eine Plastifizierung des Werkstoffs einsetzt, und die Schmelze innerhalb dieses Zeitraumes erstarrt.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Energieeintrag mittels hinsichtlich lateraler Ausdehnung des Wechselwirkungsbereiches, der Wechselwirkungszeit und Intensität extrem schnell und genau steuerbarer elektromagnetischer Strahlung mit einer hinsichtlich der gewünschten Tiefe des Wechselwirkungsbereiches angepaßten Wellenlänge erfolgt.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß unter Inertgas gearbeitet wird.
14. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Prozess in freier Atmosphäre, d.h. an Luft, unter Raumtemperatur und Normaldruck stattfindet.
15. Verfahren nach mindestens einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß Fremdsubstanzen durch den Schmelzprozess in die geometrisch definierten Bereiche eingebracht werden.
16. Verfahren nach mindestens einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Energieeintrag mittels elektromagnetischer Wellen erfolgt.
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß elektromagnetische Wellen in Form von Laserlicht verwendet werden.
18. Verfahren nach mindestens einem der vorher genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Bearbeitungsziel gemäße Tiefe bzw. Dicke des Wechselwirkungsbereiches durch die Auswahl der Wellenlänge bzw. des Wellenlängenbereiches und der

Leistungsdichte der elektromagnetischen Strahlung sowie der Wechselwirkungszeit zwischen den elektromagnetischen Wellen mit den geometrisch definierten Bereichen eingestellt wird.

19. Verfahren nach mindestens einem der vorher genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die laterale Ausdehnung des Wechselwirkungsbereichs, die Wechselwirkungszeit und die Intensität durch Kombination von Relativbewegung zwischen Strahl und Werkstück sowie mit Methoden der dynamischen Strahlformung und Strahlfokussierung realisiert werden.
20. Verfahren nach mindestens einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Energieeintrag mittels eines Impulslasers erfolgt.
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Wechselwirkungszeit zwischen Laserstrahl und den geometrisch definierten Bereichen der Pulslänge des Lasers entspricht.
22. Verwendung des Bauteils nach Anspruch 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß Bauteile aus mehreren Komponenten von Holzteilen und/oder Holzpartikeln mittels Zusammenfügen dieser Komponenten durch die Holzschmelze hergestellt werden.
23. Verwendung des Bauteils nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß Holzteile und/oder Holzpartikel durch Schweißen untereinander verbunden werden.
24. Verwendung des Bauteils nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß Holzteile und/oder Holzpartikel durch Schweißen unter Verwendung holzeigener Zusatzstoffe untereinander verbunden werden.
25. Verwendung des Bauteils nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß als holzeigene Zusatzstoffe Lignin und/oder Cellulose verwendet werden.
26. Verwendung des Bauteils nach mindestens einem der vorher genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Bauteile bestehend aus mehreren Komponenten, von denen mindestens eine aus Holz besteht, durch Zusammenfügen der Holzteile und/oder Holzpartikel mit anderen Komponenten hergestellt werden.
27. Verwendung des Bauteils nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die anderen Komponenten, die nicht aus Holz sind, transparente Polymere und/oder Faserstoffe sind.

28. Verwendung des Bauteils nach Anspruch 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Holzteile und/oder Holzpartikel mit anderen Komponenten durch Schmelzen verschweißt werden.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen